



OPTIMASI PROSES ELEKTROPLATING MENGGUNAKAN TAGUCHI MULTIRESPON (Studi kasus pada perusahaan pelapisan logam)

Eko Nursubiyantoro

Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta

Kualitas suatu produk merupakan faktor dasar yang mempengaruhi konsumen untuk memilih suatu barang. Salah satu cara mempertahankan dan meningkatkan kualitas produk adalah memperbaiki proses pengerjaan atau proses produksi dari produk tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan faktor-faktor yang mempengaruhi Kualitas lapisan logam, menentukan parameter proses elektroplating dengan memperhitungkan faktor noise.

Eksperimen dilaksanakan di CV Intan Elektroplating Yogyakarta, berdasarkan matriks orthogonal array $L_8(2^7)$ dengan tiga faktor terkendali yaitu faktor A (Voltase), faktor B (Waktu Reaksi), faktor C (Suhu Reaksi). Eksperimen ini juga meninjau interaksi dua faktor antara A, B dan C dengan melibatkan dua faktor noise untuk merancang usulan yang tangguh terhadap noise. Analisis data hasil eksperimen menggunakan penghitungan signal-to-noise ratio (SNR) berdasarkan karakteristik larger the better. Pemilihan rancangan usulan berdasarkan penghitungan efek setiap faktor dan interaksi faktor, analysis of variance.

Berdasarkan analisis hasil eksperimen dapat disimpulkan bahwa rancangan usulan yang tangguh berdasarkan pendekatan metode Taguchi adalah : kombinasi level faktor $A_2 B_1 AxB_1 C_1 AxC_1 BxC_1$ dengan faktor A_2 : Voltase sebesar 6 Volt ; faktor B_1 : Waktu reaksi adalah 60 menit; faktor C_1 : Suhu reaksi adalah 60 °C ;

Kata kunci : *Kualitas, eksperimen dan rancangan tangguh.*

PENDAHULUAN

Kualitas merupakan faktor dasar yang mempengaruhi pilihan konsumen untuk berbagai jenis produk/jasa yang berkembang pesat dewasa ini, dan kualitas telah menjadi kekuatan terpenting yang membuahkan keberhasilan organisasi dan pertumbuhan perusahaan. Tingkat pengembalian investasi (perbandingan laba terhadap investasi) dari program kualitas yang tangguh dan efektif akan menghasilkan probabilitas yang menguntungkan jika didukung dengan strategi yang efektif.

Kualitas produk dan jasa secara langsung dipengaruhi oleh sembilan bidang dasar (Feigenbaum, 1992), atau pada bidang yang dapat dianggap sebagai "9M" yaitu : *market, money, management, men, motivation, material, machines and mechanization, modern information methods, dan mounting product requirements*. Dalam setiap bidang pada masa sekarang ini industri bergantung pada sejumlah besar kondisi yang membebani produksi melalui suatu

cara yang tidak pernah dialami dalam periode sebelumnya.

Logam seperti besi, kuningan, dan aluminium banyak digunakan sebagai bahan industri dan peralatan rumah tangga. Untuk meningkatkan mutu permukaan terutama dari segi keindahan dan ketahanan terhadap korosi, bahan industri ini perlu dilapisi oleh logam tahan karat seperti nikel dan krom. Pelapisan logam merupakan pengendapan satu lapisan logam tipis pada suatu permukaan logam atau plastik yang dilakukan dengan tenaga listrik, tetapi biasa juga bisa dilakukan dengan menggunakan reaksi kimia.

CV Intan elektroplating Yogyakarta, adalah suatu perusahaan yang mengolah bahan industri dan alat rumah tangga dengan melapisinya dengan nikel dan krom lewat elektroplating. Usaha ini dikelola secara konvensional dengan teknologi sangat sederhana. Larutan yang digunakan untuk elektroplating harus diganti setiap 2 minggu karena mutu hasil menurun akibat ketahanan kehalusan permukaan dan penampakannya. Penggantian larutan ini

menyebabkan biaya produksi tinggi dan limbah yang dihasilkan dibuang langsung ke lingkungan.

Untuk mendapatkan kondisi proses pelapisan (elektroplating) yang optimal maka terlebih dahulu dilakukan percobaan dari berbagai kondisi.

TUJUAN PENELITIAN

Tujuan penelitian yang ingin dicapai adalah : Menentukan faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas pelapisan proses electroplating dan menentukan parameter proses elektroplating dengan memperhitungkan faktor *noise*.

MANFAAT PENELITIAN

Manfaat penelitian ini adalah untuk memberikan usulan proses electroplating yang lebih baik, sehingga dapat meningkatkan karakteristik kualitas logam.

Didalam melaksanakan penelitian ini dilakukan pembatasan-pembatasan sebagai berikut :

- Penelitian dilaksanakan dibagian proses pelapisan Intan Elektroplating.
- Faktor yang diteliti terdiri dari tiga faktor kendali yaitu : Voltase, Waktu pelapisan dan Suhu reaksi, dengan melibatkan dua faktor *noise* : media baru, media jenuh.
- Karakteristik kualitas yang diteliti adalah ketebalan lapisan Nickel (Ni) untuk pelapisan logam besi (Fe).

LANDASAN TEORI

Persepsi Kualitas

kualitas merupakan sesuatu yang diputuskan oleh pelanggan, seringkali mutu atau kualitas adalah persepsi dari perasaan kepuasan (Fowlkes, 1995). Konsep seperti biaya rendah, keandalan tinggi, dan performansi yang konsisten merupakan ketentuan dari kualitas.

Persepsi kualitas di Amerika didasarkan pada spesifikasi, artinya jika suatu produk telah memenuhi spesifikasi tertentu yang disyaratkan maka dikatakan produk itu berkualitas. Di Jepang persepsi kualitas

didasarkan pada target, artinya suatu produk apabila telah memenuhi target yang disyaratkan maka dikatakan produk itu berkualitas.

Bahwa kualitas suatu produk itu adalah mengambil kerugian yang paling kecil dari satu periode produksi tertentu. Sehingga terdapat sudut pandang baru, kualitas tidak hanya dilihat pada proses produksi saja tetapi mengkaitkan pula dengan biaya dan kerugian kepada masyarakat (produsen dan konsumen).

Dalam pengembangan kualitas, Taguchi mengembangkan konsep fungsi kerugian mutu, yang didasarkan pada total simpangan kuantitas dari karakteristik kualitas yang ditargetkan. Minimalisasi penyimpangan kinerja suatu produk dari nilai tergetnya akan meningkatkan mutu produk tersebut. Semakin kecil variasi fungsional maka semakin kecil kerugian yang ditanggung masyarakat, dan semakin tinggi mutu atau kualitas suatu produk.

Fungsi Kerugian Mutu (Quality Loss Function)

Fungsi kerugian mutu bertujuan untuk mengevaluasi kerugian kualitas secara kuantitatif yang disebabkan adanya variasi. Kerugian konsumen tidak saja terkait dengan biaya yang berhubungan dengan proses produksi yang tidak baik, tetapi termasuk didalamnya biaya perbaikan, dan kegagalan usaha. Fungsi kerugian mutu dapat ditunjukkan dalam persamaan berikut ini :

$$L(y) = kD^2 \quad \dots\dots\dots (1)$$

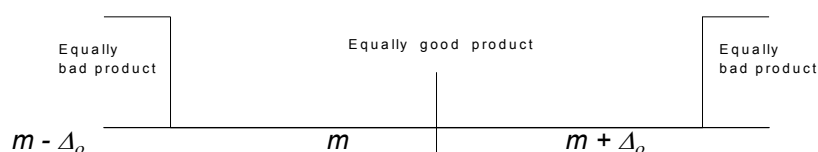
dengan :

$L(y)$ = kerugian

k = konstanta

D^2 = deviasi kuadrat dari nilai target

Kualitas suatu produk dikatakan baik apabila masih berada didalam suatu *range* spesifikasi yang diijinkan, dan dianggap memiliki kerugian nol. Sebaliknya apabila keluar dari *range* yang diijinkan, maka mutu tersebut dianggap jelek dan mempunyai kerugian yang besarnya sama dengan $L(y)$.



Gambar 1. Step function (Fowlkes, 1995)

Penjelasan dari gambar 1 adalah apabila nilai respon dari karakteristik mutu (y) masih berada didalam *range* mutu yang ditetapkan $m \pm \Delta_o$, dengan m adalah menunjukkan nilai target dari karakteristik mutu, dan Δ_o adalah toleransi atau selisih respon (y) dari nilai target (m), maka mutu produk tersebut dikatakan baik dengan kerugian dianggap nol. Sebaliknya apabila mutu produk keluar dari *range* spesifikasi yang diijinkan maka mutu produk tersebut dianggap jelek dan mempunyai nilai kerugian yang besarnya dianggap sama $L(y)$. Sehingga dengan demikian dapat dikatakan bahwa apabila mutu suatu produk semakin dekat dengan nilai targetnya, maka mutu yang dihasilkan akan semakin baik dan kerugian yang diterima semakin kecil, sebaliknya jika semakin jauh dari nilai targetnya maka kerugian yang diterima akan semakin besar.

Secara umum berdasarkan karakteristik mutu yang dituju, Taguchi menggolongkan fungsi kerugian kuadrat (*quadratic loss function*) dalam tiga jenis (Belavendram, 1995), yaitu :

a. *QLF – Nominal-the-best*

Fungsi kerugian mutu kuadrat jenis nominal yang terbaik ini digunakan apabila jenis karakteristik mutu yang dituju mempunyai nilai target tertentu, nilai targetnya simetrik pada kedua sisi target, dan biasanya bukan nol. Persamaan fungsi kerugian mutu kuadrat jenis nominal terbaik ini dirumuskan sebagai berikut :

$$L(y) = k (y - m)^2 \quad \text{..... (2)}$$

dimana :

Y = nilai respon dari karakteristik kualitas

$L(y)$ = kerugian kualitas

M = nilai target dari karakteristik kualitas

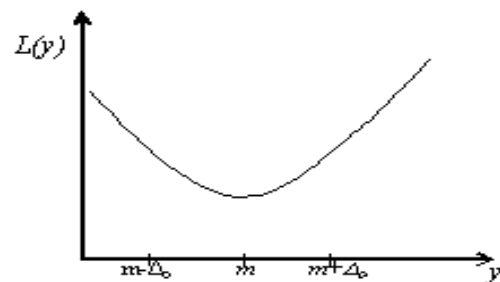
K = konstanta

Pada gambar 2 berikut ini menunjukkan bahwa kerugian mutu akan sama dengan nol saat nilai respon dari karakteristik kualitas (y) sama dengan nilai target (m), dan akan semakin meningkat seiring dengan semakin jauhnya nilai respon dari nilai targetnya.

b. *QLF – Smaller-the- better*

Fungsi kerugian mutu kuadrat jenis semakin kecil semakin baik ini digunakan apabila jenis karakteristik mutu yang dituju mempunyai nilai target semakin

kecil nilainya akan semakin baik, tidak negatif dan idealnya nol.



Gambar 2 Grafik fungsi kuadrat untuk karakteristik kerugian mutu jenis *nominal-the-best*

Persamaan fungsi kerugian mutu kuadrat jenis semakin kecil semakin baik ini dirumuskan sebagai berikut :

$$L(y) = k y^2 \quad \text{..... (3)}$$

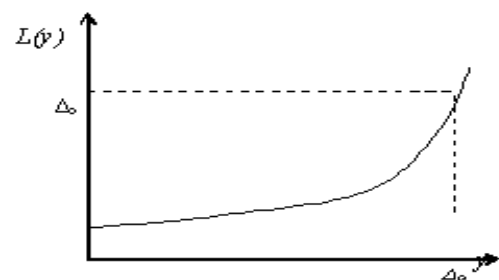
dimana :

y = nilai respon dari karakteristik kualitas

$L(y)$ = kerugian kualitas

k = konstanta

Pada gambar 3 berikut ini menunjukkan bahwa kerugian mutu akan semakin meningkat seiring dengan semakin jauhnya nilai respon karakteristik mutu dari nilai targetnya.



Gambar 3 Grafik fungsi kuadrat untuk karakteristik kerugian kualitas jenis *Smaller-the-better*

c. *QLF – Larger- the- better*

Fungsi kerugian mutu kuadrat jenis semakin besar semakin baik ini digunakan apabila jenis karakteristik mutu yang dituju mempunyai nilai target semakin besar nilainya akan semakin baik. Persamaan fungsi kerugian mutu kuadrat jenis semakin besar semakin baik ini dirumuskan sebagai berikut :

$$L(y) = k \left(\frac{1}{y}\right)^2 \quad \dots\dots\dots (4)$$

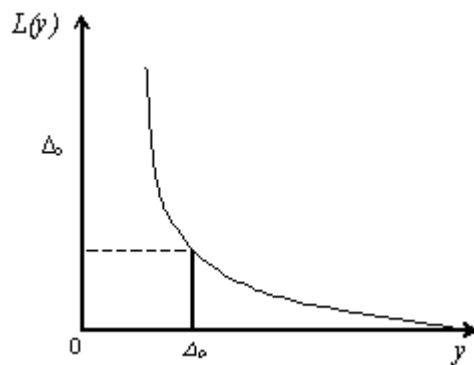
dimana :

y = nilai respon dari karakteristik kualitas

$L(y)$ = kerugian kualitas

K = konstanta

Pada gambar 3 berikut ini menunjukkan bahwa kerugian mutu akan semakin meningkat seiring dengan semakin kecil nilai respon karakteristik mutu dari nilai targetnya.



Gambar 3 Grafik fungsi kuadratik untuk karakteristik kerugian kualitas jenis *Larger-the-better*

Fungsi kerugian mutu kuadratik ini dapat ditransformasi menjadi *signal-to-noise ratio* (SNR), mutu produk atau proses akan semakin baik jika nilai SNR semakin tinggi (Nur Indrianti, 2001). Taguchi menggunakan SNR ini sebagai alat utama untuk menentukan rancangan parameter yang optimal.

Metode Taguchi

Pada tahun 1980 Metode Taguchi diperkenalkan oleh *Dr. Genichi Taguchi* yang bertujuan untuk memperbaiki kualitas produk dan proses, sehingga dapat menekan biaya dan *resources* seminimal mungkin. Sasaran metode Taguchi adalah menjadikan produk *robust* terhadap *noise*, karena itu sering disebut sebagai *Robust Design*. Taguchi menekankan bahwa cara terbaik untuk meningkatkan kualitas adalah merancang kualitas ke dalam produk yang dimulai sejak tahap desain produk. Dengan rancangan produk yang tangguh (*robust*) akan dihasilkan produk yang berperformansi *robust* pula. *Robust*

berarti produk atau proses yang secara konsisten berada pada target dan relatif tidak sensitif terhadap faktor yang sulit untuk dikontrol. Genichi Taguchi memperkenalkan pendekatan dengan menggunakan desain eksperimen yang berguna untuk (Belavendram, 1995) :

- a. Meminimumkan variasi disetiap nilai target
- b. Mendesain produk atau proses, sehingga kualitasnya *robust* terhadap kondisi lingkungan
- c. Mengembangkan produk atau proses sehingga kualitasnya *robust* terhadap variasi komponen.

Tujuan eksperimen dalam pembuatan produk adalah untuk menentukan cara meminimalkan penyimpangan karakteristik kualitas dari nilai targetnya. Hal ini dapat dilakukan dengan melakukan identifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas dan mengubah level-level dari faktor-faktor yang sesuai sehingga penyimpangannya dapat dibuat sekecil mungkin dan karakteristik kualitas dapat mencapai target.

Faktor-faktor yang menyebabkan keragaman produk berfungsi baik disebut faktor *noise*. Misal, kecermelangan lampu neon bervariasi tergantung daya listrik dan cenderung melemah sesuai umurnya, juga terdapat keragaman dari satu lampu kelampu lainnya.

Terdapat tiga jenis *noise* yang menyebabkan keragaman produk (Belavendram, 1995), yaitu :

- a. *External noise (Ambient noise)*
Eksternal *noise* berkaitan dengan lingkungan atau kondisi yang mempengaruhi fungsi ideal dari produk.
- b. *Internal noise (Deterioration noise)*
Internal *noise* berkaitan dengan faktor yang menyebabkan produk menjadi aus sehingga tidak mencapai target.

- c. *Unit-to-unit noise (Variational noise)*
Keragaman dari unit ke unit berkaitan dengan faktor yang menyebabkan perbedaan antara tiap produk yang telah dibuat dalam spesifikasi sama.

Faktor *noise* tidak dapat dihilangkan karena mereka berada dalam sistem, karena faktor *noise* tidak dapat dihilangkan karakteristik kualitas dari produk tidak akan mencapai nilai target. Prinsip kekokohan berusaha untuk mengurangi kerugian dengan melakukan kontrol faktor terhadap faktor *noise* agar

supaya spesifikasi produk dapat diidentifikasi dan membuat karakteristik kualitas tidak sensitif terhadap *noise*. Banyak faktor-faktor lain yang dapat mempengaruhi karakteristik kualitas suatu produk. Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi karakteristik kualitas dapat dikelompokkan (Belavendram, 1995) atas :

a. Faktor *Noise* (*Noise factors*)

Suatu parameter yang menyebabkan penyimpangan karakteristik kualitas dari nilai targetnya. Faktor *noise* dapat menyebabkan pengaruh pada karakteristik secara tidak terkendali dan sulit diprediksi. Faktor *noise* ini biasanya sulit, mahal dan tidak menjadi sasaran pengendalian, tetapi untuk tujuan eksperimen perlu dikendalikan dalam skala kecil.

b. Faktor Kontrol (*Control factors*)

Suatu parameter yang nilai-nilainya ditentukan oleh ahli teknik, faktor kontrol dapat mempunyai nilai satu atau lebih yang disebut level. Pada akhir eksperimen suatu level kontrol yang sesuai akan dipilih, salah satu aspek dari perancangan kokoh adalah mencari kondisi level optimal untuk faktor kontrol, sehingga karakteristik kualitas tidak sensitif terhadap *noise*.

c. Faktor *Signal* (*Signal factors*)

Faktor-faktor yang mengubah nilai-nilai karakteristik kualitas sebenarnya yang akan diukur. Karakteristik kualitas dalam perancangan eksperimen dimana faktor signal mempunyai nilai konstan (dalam hal ini tidak dimasukkan sebagai faktor) disebut sebagai karakteristik statis. Jika faktor signal dapat mengambil banyak nilai, karakteristik mempunyai sifat dinamik. Faktor signal tidak ditentukan oleh ahli teknik, tetapi oleh konsumen berdasarkan hasil yang diinginkan.

d. Faktor *Scaling* (*Scaling factors*)

Faktor ini digunakan untuk mengubah mean level karakteristik kualitas untuk mencapai hubungan fungsional yang diperlukan antara faktor signal dengan karakteristik kualitas. Faktor *scaling* disebut juga faktor penyesuaian, contoh : posisi *persnelling* dalam mobil.

Taguchi menggunakan istilah *signal-to-noise ratio* untuk mengukur kepekaan karakteristik mutu yang sedang diteliti dalam kondisi pengendalian terhadap pengaruh faktor *noise* (*noise factor*) yang tidak dapat dikendalikan.

Penggunaan *Signal-to-noise ratio* untuk menghitung data-data percobaan, sangat tergantung pada tipe karakteristik yang dituju. Berdasarkan kategori karakteristik kualitas yang dituju, terdapat tiga jenis *signal-to-noise ratio* (Belavendram, 1995), yaitu :

a. Karakteristik mengecil (*smaller-the-better*), yaitu karakteristik mutu dengan nilai yang dituju adalah suatu nilai terkecil atau dengan kata lain semakin kecil nilainya semakin besar mutunya, sebagai contoh adalah jumlah cacat, penyusutan dan lain-lain. Untuk karakteristik mutu mengecil Y_i ($i = 1, 2, 3, \dots, n$), nilai *SNR* dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$SNR = -10 \log_{10} \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2 \right) \dots\dots\dots (5)$$

dengan :

n : banyaknya sampel yang diambil untuk tiap kondisi eksperimen (tanpa memperhatikan faktor *noise*)

y_i : nilai respon dari sampel ke- i untuk kondisi eksperimen tertentu.

b. Karakteristik nominal terbaik (*nominal-the-best*), yaitu karakteristik mutu dengan nilai yang dituju adalah satu nilai nominal tertentu yang dapat didekati dari dua arah. Perumusan nilai *signal-to-noise* (*SNR*) ini adalah :

$$SNR = 10 \log_{10} \left(\frac{\mu^2}{\tau^2} \right) \dots\dots\dots (6)$$

c. Karakteristik membesar (*larger-the-better*), yaitu karakteristik mutu yang memiliki nilai tujuan terbesar atau dengan kata lain semakin besar nilainya semakin baik mutunya. Sebagai contoh adalah kekuatan *workability*, efisiensi dan lain-lain. Untuk karakteristik mutu Y_i , ($i = 1, 2, 3, \dots, n$), *SNR* dapat dihitung dengan persamaan :

$$SNR = -10 \log_{10} \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \right) \dots\dots\dots (7)$$

Untuk membantu penempatan faktor dan interaksi faktor pada matrik orthogonal, Taguchi menyediakan dua macam alat bantu, yaitu tabel interaksi (*interaction table*) dan grafik linier (*linear graph*). Melakukan eksperimen dengan menggunakan bentuk matriks khusus (*array orthogonal*) bertujuan agar dapat dilakukan pengujian terhadap pengaruh

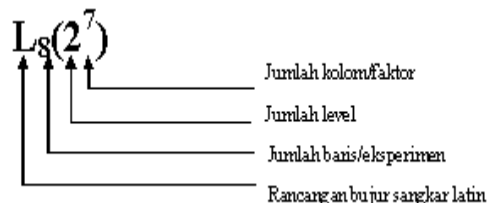
beberapa parameter secara efisien dan merupakan teknik penting dalam perancangan kokoh (*robust design*).

Array orthogonal adalah suatu matriks yang elemen-elemennya disusun menurut baris dan kolom. Kolom merupakan keadaan faktor atau kondisi yang dapat diubah dalam eksperimen dan baris merupakan keadaan dari faktor. *Array* disebut *orthogonal* karena level-level dari faktor berimbang dan dapat dipisahkan dari pengaruh faktor yang lain dalam eksperimen. Jadi *array orthogonal* adalah matriks seimbang dari faktor dan level, sedemikian hingga pengaruh suatu faktor atau level tidak baur dengan pengaruh faktor atau level lain.

Derajat bebas adalah banyak pengukuran bebas yang dapat dilakukan untuk menaksir sumber informasi. Angka derajat bebas menunjukkan banyak perbandingan bebas yang dapat dilakukan pada sekelompok data. Secara umum angka derajat bebas suatu faktor (V_f) satu kurang dari banyak level faktor tersebut.

$$V_f = \text{banyak level} - 1 \quad \dots\dots\dots (9)$$

Derajat bebas array orthogonal (V_{OA}) selalu kurang satu dari banyaknya eksperimen.



Gambar 4 Notasi *array orthogonal*

Sebagai contoh dari gambar 4 sebuah array orthogonal $L_8(2^7)$, berarti terdapat sebanyak 7 faktor kendali dengan masing-masing kendali terdiri dari 2 level, sedangkan eksperimen dilakukan sebanyak 8 kali.

Interaksi faktor terjadi jika suatu faktor bergantung pada suatu level tertentu dari faktor lain, artinya interaksi terjadi bila pengaruh bersama dua faktor atau lebih berbeda dari jumlah masing-masing faktor secara individu. Jika

individu itu pengaruhnya sangat kuat, maka cukup sulit untuk menaksir pengaruh faktor yang diteliti.

Taguchi telah memberikan daftar tabel orthogonal array standar dan beberapa orthogonal array yang telah dimodifikasi, serta tabel-tabel penempatan faktor-faktor dan interaksi-interaksi.

Contoh jika digunakan 7 faktor kendali dengan masing-masing 3 level faktor, dan terdapat 3 faktor kendali yang berinteraksi, untuk menentukan tabel orthogonal array digunakan langkah sebagai berikut :

- 1) Perhitungan derajat bebas total (*degrees of freedom*) yang dibutuhkan :

Tiga-level faktor kendali : A, B, C

Interaksi faktor : A X B, B X C, A X C

$$\text{Faktor: } 3 \times (2 - 1) = 3$$

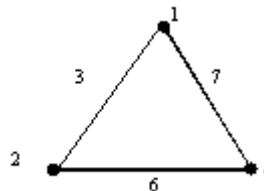
$$\text{Interaksi: } 3 \times (2 - 1) \times (2 - 1) = 3$$

$$= 6 \text{ df}$$

- 2) Perhitungan derajat bebas untuk *orthogonal arrays* yang sesuai :

$$L_8(2^7): 7 \times (2 - 1) = 7 \text{ df}$$

- 3) *Linear graph* yang sesuai untuk $L_{27}(3^{13})$ adalah (Peace, 1993) :



Gambar 5 Grafik linear untuk $L_{27}(3^{13})$

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Eksperimen dilakukan berdasarkan matrik eksperimen kombinasi antara L_8 *Inner array* dan L_4 *Outer array*, Faktor A adalah Voltase yang digunakan yaitu 4,5 volt dan 6 volt, Faktor B adalah Waktu proses pelapisan yaitu 60 dan 90 menit, dan Faktor C adalah Suhu reaksi yaitu 60 °C dan 80 °C. hasil pengumpulan data dan perhitungan S/N berdasarkan karakteristik *LTB* seperti terlihat pada Tabel 1

Tabel 1 Hasil perhitungan *SNR* data ketebalan lapisan Nikel

| No. | Kombinasi | $\mu\text{m Ni}$ | | | | Rata-rata | S/N |
|-----|-----------|------------------|-------|-------|------|-----------|-------|
| | | Y1 | Y2 | Y3 | Y4 | | |
| 1. | A1 B1 C1 | 9,60 | 9,75 | 9,71 | 9,50 | 9,64 | 19,68 |
| 2. | A1 B1 C2 | 9,77 | 9,96 | 9,20 | 9,80 | 9,99 | 19,71 |
| 3. | A1 B2 C1 | 9,60 | 9,88 | 9,76 | 9,50 | 9,69 | 19,72 |
| 4. | A1 B2 C2 | 9,55 | 9,81 | 9,74 | 9,72 | 9,71 | 19,74 |
| 5. | A2 B1 C1 | 10,05 | 10,10 | 10,00 | 9,98 | 10,03 | 20,03 |
| 6. | A2 B1 C2 | 10,00 | 9,88 | 9,75 | 9,80 | 9,86 | 19,87 |
| 7. | A2 B2 C1 | 9,45 | 9,83 | 9,57 | 9,32 | 9,54 | 19,59 |
| 8. | A2 B2 C2 | 8,98 | 9,05 | 9,50 | 9,25 | 9,20 | 19,26 |

Tabel 2 Efek setiap faktor faktor untuk *SNR* ketebalan lapisan Nikel

| S/N Efek Faktor | | | | | | |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | A | B | AxB | C | AXC | BxC |
| Level 1 | 19,71 | 19,82 | 19,56 | 19,76 | 19,76 | 19,68 |
| Level 2 | 19,69 | 19,59 | 19,84 | 19,65 | 19,65 | 19,72 |
| Selisih | 0,02 | 0,23 | 0,28 | 0,11 | 0,11 | 0,05 |
| Rangking | 6 | 2 | 1 | 3 | 4 | 5 |

Tabel 3 *Analysis of Variance SNR* karakteristik ketebalan lapisan Nikel

| Sumber Variasi | SS | df | Mq | F_{ratio} | F_{tabel} | $\rho \%$ |
|----------------------|-------|----|-------|--------------------|--------------------|-----------|
| Faktor A | 0,001 | 1 | 0,001 | 0,007 | 5,32 | 0,30 |
| B | 0,119 | 1 | 0,119 | 0,827 | 5,32 | 35,05 |
| C | 0,023 | 1 | 0,023 | 0,159 | 5,32 | 6,76 |
| Interaksi faktor AxB | 0,156 | 1 | 0,156 | 1,079 | 5,32 | 45,74 |
| AXC | 0,023 | 1 | 0,023 | 0,159 | 5,32 | 6,76 |
| BxC | 0,004 | 1 | 0,004 | 0,007 | 5,32 | 1,15 |
| Error | 0,145 | 1 | 0,145 | | | |
| Jumlah total | 0,342 | 7 | | | | 100 |

ANALISIS

Berdasarkan perhitungan anava terlihat bahwa kontribusi interaksi faktor AXB sangat besar pengaruhnya, dan kemudian faktor B yaitu waktu pelapisan sangat berpengaruh terhadap hasil ketebalan nikel yang dilapiskan. Kemudian Faktor C yang merupakan suhu reaksi juga memiliki kontribusi yang tinggi terhadap hasil kualitas dari proses pelapisan nikel tersebut.

KESIMPULAN

Faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas proses elektroplating adalah Voltase yang digunakan, Waktu Reaksi dan Suhu Reaksi. Guna meningkatkan kualitas hasil lapisan maka diusulkan rancangan dengan kombinasi level faktor $A_2 B_1 C_1$ yaitu Faktor A_2 : Voltase 6 volt; Faktor B_1 : Waktu reaksi 60 menit dan Faktor C_1 : Suhu reaksi 60 °C.

DAFTAR PUSTAKA

Belavendram, N., 1995, *Quality By Design : Taguchi Techniques for Industrial Experimentation*, Prentice Hall, New York.

Brimi, Marjorie A. , James R. Luck, 1965, *Electrofinishing*, American Elsevier Publishing Company, Inc. New York.

Eko Budi Leksono, 2002, *Penentuan kombinasi level faktor optimal yang berpengaruh pada kualitas produk dengan metode Taguchi berdasarkan respon teknik pada analisis quality function deployment*, Prosiding Seminar Nasional Perkembangan Sistem Manufaktur Dalam Era Teknologi Informasi, Yogyakarta.

Feigenbaum, A.V., 1992, *Kendali Mutu Terpadu*, jilid I (terjemahan oleh Ir. Hudaya Kandahjaya, M. S.), edisi ketiga, Penerbit Erlangga, Jakarta.

Lowenheim, Frederick Adolph, 1978, *Electroplating*, McGraw-Hill Book Company, New York

Peace, Glen Stuart, 1993, *Taguchi methods : a hands-on approach*, Addison-Wesley Publishing Company, Inc.

Ross J. Phillip, 1996, *Taguchi Techniques for Quality Engineering*, 2nd Edition, Mc.Graw Hill International Inc, New York.

Sudjana, 1975, *Metoda Statistika*, Penerbit PT Tarsito, Bandung.

Susilo Dwi A., 2002, *Pendekatan metode Taguchi untuk meningkatkan kualitas produk berdasarkan perancangan parameter yang tangguh (Robust Design)*, Prosiding Seminar Nasional Perkembangan Sistem Manufaktur Dalam Era Teknologi Informasi, Yogyakarta.

Walpole, Ronald E., 1986, *Ilmu peluang dan statistika untuk insinyur dan ilmuwan*, Penerbit ITB Bandung.